

**DESARROLLO POSTEMBRIONARIO DE *CACTODERA GALINSOGAE*
(TYLENCHIDA: HETERODERINAE) EN CEBADA (*HORDEUM VULGARE* L.)
Y EL PAPEL DE MALEZAS COMO HOSPEDANTES**

Alejandro Tovar-Soto^{1*}, Ignacio Cid del Prado-Vera², Miryam Gutiérrez-Aguilar³,
José García-Zuñiga³, y Kenneth Evans⁴

Depto. de Parasitología, Escuela Nacional Ciencias Biológicas-IPN. Carpio y Plan de Ayala S/N, Col. Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, CP. 11340, Apdo. Postal 256. México, D.F.¹; Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, México²; Instituto Tecnológico Agropecuario N° 29, Xocoyucan, Tlax.³; Nematode Interactions Unit, Rothamsted Research, Harpenden, Herts, AL52JQ, U.K.⁴. *Correspondencia: atovars@encb.ipn.mx.

ABSTRACT

Tovar-Soto, A., I. C. Del Prado-Vera, M. Gutiérrez-Aguilar, J. García-Zuñiga, and K. Evans. 2008. Postembryonic development of *Cactodera galinsogae* (Tylenchida: Heteroderinae) in barley (*Hordeum vulgare* L.) and the role of weeds as hosts. *Nematropica* 38:145-153.

During 2005, two field assays were carried out in Singuilucan, Hidalgo, Mexico, with the purpose of establishing the development time of *Cactodera galinsogae* life cycle phases in barley roots of the locality type. The first assay consisted in broadcast planting seeds of barley cv. Esmeralda over a 25 m² experimental plot at a sowing density of 200 kg ha⁻¹. Every seven days from sowing date to the conclusion of the barley cycle, a soil and a plant sample was collected. In parallel with this assay, a second experiment was conducted to evaluate the effect of *C. galinsogae* on two barley varieties. All the weed species grown during the barley crop cycle were collected every seven days. In the first assay, the second stage juveniles (J₂) were found in the soil, from the sowing date and during all the samplings carried out. Likewise, the juveniles J₂ were observed in the root from the seventh day and until the last sampling. Juveniles (J₃) and (J₄) appeared within the roots at 21 and 28 days, respectively. The white females adhered to the roots and males in soil were found at 42 days. At 56 days, females with eggs and the first cysts adhered to the root were detected. In the second assay, 20 weed species grown in the barley fields of the zone were identified, belonging to 13 botanical families. The nematode reproduced best on *Galinsogae parviflora* and *Bidens odorata*, followed by *Bidens ballsii* and *Bidens serrulata*, members of Asteraceae. *C. galinsogae* also reproduced on barley and wild oats, members of Poaceae. *Key words:* *Cactodera galinsogae*, cyst-forming nematode, *Hordeum vulgare*, postembryonic development, weeds.

RESUMEN

Tovar-Soto, A., I. Cid del Prado-Vera, M. Gutiérrez-Aguilar, J. García-Zuñiga, y K. Evans. 2008. Desarrollo postembrionario de *Cactodera galinsogae* (Tylenchida: Heteroderinae) en cebada (*Hordeum vulgare* L.) y el papel de malezas como hospedantes. *Nematropica* 38:145-153.

Se llevaron a cabo dos ensayos en campo durante 2005, en Singuilucan, Hidalgo, México con el propósito de establecer el tiempo de desarrollo de las fases del ciclo de vida de *Cactodera galinsogae* en la raíz de cebada, así como conocer el papel de hospedante de las malezas en campos de cebada de la localidad tipo. El primer ensayo consistió en sembrar al voleo una parcela experimental de 25 m² con cebada cv. Esmeralda, con una densidad de siembra de 200 kg/ha. Cada siete días a partir de la fecha de siembra, y hasta la conclusión del ciclo de la cebada, se tomó una muestra de suelo y de plantas. Paralelamente, se condujo otro ensayo para evaluar el efecto de *C. galinsogae* en dos variedades de cebada. En las parcelas experimentales de dicho ensayo, cada siete días se recolectaron todas las especies de malezas encontradas durante el ciclo de cultivo de la cebada. En el primer ensayo, los juveniles del segundo estadio (J₂) se encontraron en el suelo, a partir de la fecha

de siembra, y durante todos los muestreos realizados; asimismo, los juveniles J_2 se observaron en la raíz a partir del día 7 y hasta el último muestreo. Los juveniles (J_3) y (J_4) aparecieron dentro de la raíz a los 21 y 28 días, respectivamente. Las hembras blancas adheridas a las raíces y machos en el suelo se encontraron a los 42 días. A los 56 días se detectaron hembras con huevos y los primeros quistes adheridos a la raíz. En el segundo ensayo se identificaron 20 especies de maleza en los campos de cebada de la zona, pertenecientes a 13 familias botánicas. *Galinsoga parviflora* y *Bidens odorata*, seguidas de *Bidens ballsii* y *Bidens serrulata*, miembros de Asteraceae fueron donde mejor se reprodujo el nematodo. *C. galinsogae* también se reprodujo en cebada y avena silvestre, miembros de Poaceae.

Palabras clave: *Cactodera galinsogae*, desarrollo postembrionario, *Hordeum vulgare*, malezas, nematodo formador de quistes.

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cultivo más importante de los valles altos de los estados de Hidalgo y Tlaxcala, en la Mesa Central de México. En esta zona se siembran aproximadamente 200,000 ha, principalmente para proveer a la industria cervecera (Olmos, 2000; INEGI, 2004). En el 2000 Tovar-Soto *et al.* realizaron una exploración nematológica en la zona, y encontraron una nueva especie de nematodo asociada a las raíces de cebada, descrita posteriormente como *Cactodera galinsogae* Tovar-Soto *et al.* *C. galinsogae* es un nematodo formador de quistes parásito de cebada y de otras poáceas de interés económico, así como de algunas malezas que crecen en los valles altos del estado de Hidalgo (Tovar-Soto *et al.*, 2001; Zúñiga, *et al.*, 2001; Gutiérrez-Aguilar y García-Zúñiga, 2002; Tovar-Soto *et al.*, 2003; Hernández-López *et al.*, 2006; Tovar-Soto *et al.*, 2006, 2007). Debido a que se trata de una especie relativamente nueva, aún se desconocen algunos aspectos de su ciclo de vida y su rango de hospedantes. El propósito del trabajo fue establecer el tiempo en que las fases del ciclo de *C. galinsogae* se desarrollan en las raíces de cebada bajo condiciones de campo; así como, conocer el papel como hospedantes de las malezas presentes en campos de cebada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Desarrollo postembrionario de C. galinsogae

Durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2005, se condujo un ensayo en un campo naturalmente infestado con el nematodo *C. galinsogae*, en la localidad tipo "La Raya", Singuilucan, Hidalgo, México (19°56' 3" latitud norte y 98°25' 3" longitud oeste, altitud 2774 m.s.n.m., temperatura media anual 12-18°C, precipitación media anual 545 mm, con clima templado subhúmedo con lluvias en el verano) (García, 1988; Servicio Meteorológico Nacional 2003). La textura del suelo del campo en estudio es arcillosa (arcilla 55%, arena 27%, limo 18%), con pH 6.5, 3.2 materia orgánica. Se seleccionó una parcela experimental de 25 m², en donde se sembró al voleo con semilla de cebada cv. Esmeralda con una densidad de siembra de 200 kg/ha. En el centro de la parcela a 20 cm de profundidad, se colocó un colector de datos "data logger" (Tiny talk TK-0040) para registrar la temperatura durante el ciclo del cultivo.

Cada 7 días a partir de la fecha de siembra (día 0), y hasta la madurez del cultivo (119 días), se tomaron en la parcela experimental de manera aleatoria quince submuestras de suelo (100-150 g) y una planta de cebada por submuestra, lo que con-

formó la muestra representativa para cada fecha de muestreo. Cada muestra se procesó en el Laboratorio de Nematología de la siguiente manera: a) Extracción de juveniles J_2 y de machos del suelo (200 g) (Hooper, 1986a), b) Extracción de quistes del suelo (200 g) (Shepherd, 1986). c) Una parte de las raíces de las plantas de cebada se licuó, y el licuado se pasó por los tamices de 75 μm y de 44 μm para retener las fases de desarrollo (J_2) avanzados, tercero y cuarto (J_3 y J_4) (Hooper, 1986b), los que se fijaron, deshidrataron y montaron en laminas de Cobb (Seinhorst, 1962). d) Para detectar hembras blancas y quistes adheridos a las raíces, éstas se lavaron sobre un tamiz de 75 μm colectando el material retenido con un pincel. e) La otra parte de las raíces se tiñó con fucsina-lactoglicerol, posteriormente se transparentó con esencia de clavo y montó en resina sintética con la finalidad de observar las diferentes fases de desarrollo del nematodo dentro de las mismas (De la Jara *et al.*, 1994). La identificación de las diferentes fases de desarrollo del nematodo se llevó a cabo tomando en cuenta los trabajos de Raski (1950), Thorne (1961), Cid del Prado-Vera *et al.* (1984), Wyss y Zunke (1986), Koenning y Sipes (1998).

Malezas como hospedantes de C. galinsogae

Paralelamente, en parcelas experimentales donde se condujo otro ensayo en el mismo campo, se recolectaron cada siete días a partir de la aparición de maleza, los ejemplares de las mismas. En el laboratorio, la raíz de cada especie recolectada se lavó con agua corriente. Posteriormente se tomó 1 g de raíz para cada una de las plantas, y se tiñó con fucsina-lactoglicerol (Hooper, 1986c). Después, se contó el número de nematodos por gramo de raíz con ayuda de un estereomicroscopio. También se recolectó el follaje con flores para la identificación de cada especie de maleza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo postembrionario de C. galinsogae

La temperatura del suelo a 20 cm de profundidad durante el ciclo de cultivo de cebada osciló entre 16.3 y 19.8°C, con una media de 18.5°C. Por su parte, los juveniles de segundo estadio (J_2) (fase infectiva), se encontraron en el suelo, a partir del primer muestreo que correspondió a la fecha de siembra (día 0) y hasta el último muestreo realizado (día 119) (Figs. 1A, 2B). Asimismo, los juveniles del segundo estadio avanzados (J_2) dentro de la raíz, aparecieron a los 7 días después de la siembra y hasta el final del ciclo del cultivo (Figs. 1B, 2C). Los juveniles de tercer y cuarto estadio (J_3 y J_4) se observaron en la raíz a los 21 y 28 días respectivamente (Figs. 1C, D, 2D-G). Las hembras blancas con huevos aparecieron embebidas en las raíces secundarias y terciarias a los 42 días después de la siembra (Figs. 1E, 2H). Por su parte, los machos dentro de la raíz y en el suelo, se observaron también a los 42 y hasta los 98 días postsiembra (Figs. 1F, 2I). Los nuevos quistes adheridos a las raíces se observaron a partir del día 56, y hasta el último muestreo (1G, 2J).

En total se identificaron 20 especies de malezas pertenecientes a 13 familias botánicas durante el ciclo de cultivo de la cebada. *Cactodera galinsogae* se reprodujo mejor en *Galinsoga parviflora* Cav. y *Bidens odorata* Cav., seguidas de *Bidens ballsii* Sherff. y *Bidens serrulata* Desf., todas miembros de Asteraceae. También la cebada y la avena silvestre (*Avena fatua* L.), miembros de Poaceae, resultaron ser hospedantes de este nematodo, en las demás especies de arvenses recolectadas no se encontró al nematodo dentro de las raíces (Tabla 1).

La ontogenia en todas las especies de nematodos formadores de quistes (NFQ) es similar (Baldwin y Mundo-Ocampo,

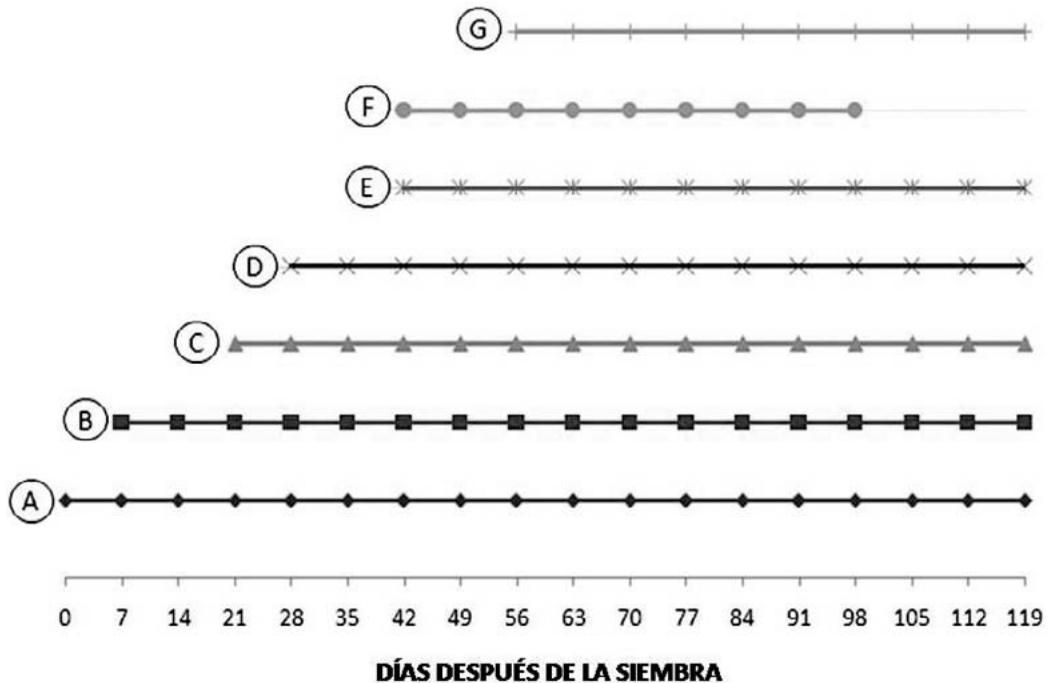


Fig. 1. Fases del ciclo de vida de *Cactodera galinsogae* encontradas en el suelo y en las raíces de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Esmeralda cultivada en la localidad de La Raya, Singuilucan, Hidalgo. A) Fases infectivas juveniles J2 en el suelo; B) Juveniles J2 dentro de la raíz; C) Juveniles J3 encontrados en la raíz; D) Juveniles J4 en la raíz; E) Hembras maduras blancas en las raíces secundarias y terciarias; F) Machos encontrados en el suelo; G) Quistes nuevos adheridos a las raíces.

1991). Algunas especies en este grupo producen sólo una generación por estación, aunque otras presentan dos o más, esto depende de varios factores donde destacan: la especie de nematodo, tipo de hospedante, longitud de la estación y las condiciones climática (Greco, 1986; Baldwin y Mundo-Ocampo, 1991; Koenning y Sipes, 1998). En los heterodéridos, el ciclo de vida de huevo a huevo puede variar dependiendo de la temperatura a la cual el nematodo está adaptado a vivir. Los ciclos típicos de varios (NFQ) se completan en alrededor de 30 días (Koenning y Sipes, 1998). En este estudio *C. galinsogae* completó su ciclo de vida de juvenil J₂ (juvenil infectivo) en el suelo a quiste en 56 días. Otros autores han encontrado resultados similares a

los de esta población (Zúñiga *et al.*, 2001; Gutiérrez-Aguilar y García-Zúñiga, 2002; Tovar-Soto, 2003; Tovar-Soto *et al.*, 2004).

La figura 1 muestra que hubo traslape entre las distintas fases de desarrollo de este nematodo. Los juveniles J₂ estuvieron presentes en el suelo a partir de la fecha de siembra, cuando las condiciones climáticas, principalmente temperatura y humedad, fueron las adecuadas para la emergencia, y siguieron apareciendo hasta el último muestreo realizado. Esto indica que la emergencia de los juveniles J₂ ocurrió durante todo el ciclo del cultivo de la cebada (119 días), y puede tratarse de una adaptación al parasitismo al coevolucionar con sus hospedantes, como pasa en otras especies de NFQ (Seinhorst, 1967; Stoya-

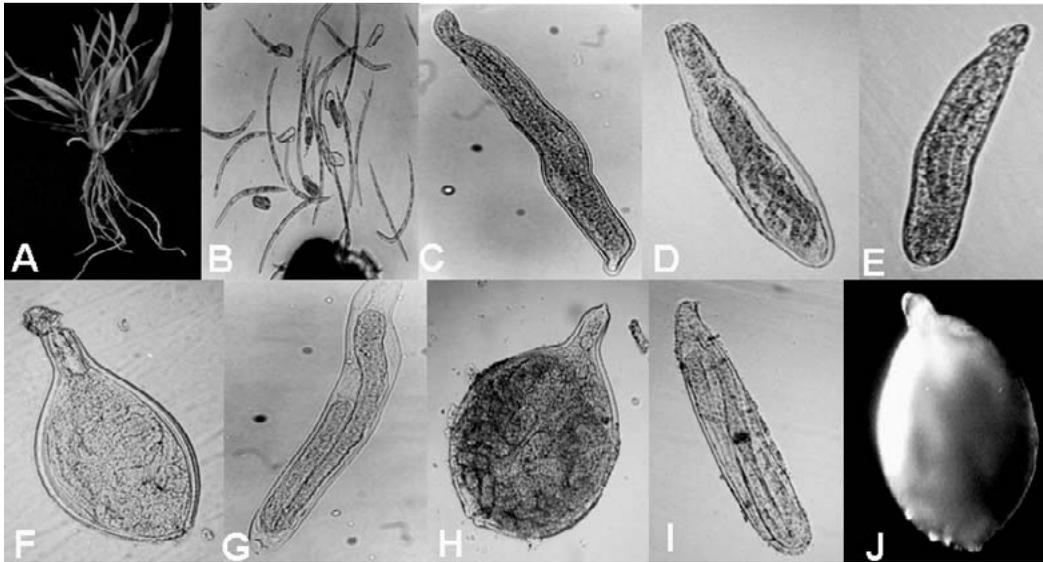


Fig. 2. Fases del ciclo de vida de *Cactodera galinsogae* encontradas en el suelo y las raíces de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Esmeralda cultivada en la localidad de La Raya, Singuilucan, Hidalgo. A) Planta de cebada en etapa de amacollamiento a los 15 días después de la siembra; B) Juveniles infectivos J2 en el suelo; C) Juveniles J2 avanzados encontrados dentro de la raíz; D) Juvenil J3 hembra en la raíz; E) Juvenil J3 macho en la raíz; F) Juvenil J4 hembra en la raíz; G) Juvenil J4 macho dentro de la exubia; H) Hembra madura y blanca con huevos encontrada en la raíces; I) Macho dentro de la exubia encontrado en la raíz; J) Quistes nuevos café claro encontrados adheridos a las raíces.

nov, 1972, 1973; Endo, 1975; Barker y Olthof, 1976; Baldwin *et al.*, 1997; Sharma *et al.*, 2001 (Fig. 1). Después de la eclosión de los juveniles J₂, éstos quedan libres en el suelo y siguen penetrando a la raíz durante un largo período, lo cual hace que se formen hembras y machos nuevos. Los quistes nuevos se observaron adheridos a las raíces 56 días posteriores a la siembra y hasta concluir el experimento. Pudiera pensarse con esto que *C. galinsogae* presenta más de una generación por ciclo como ocurre en otras especies de nematodos formadores de quistes (Greco, 1986; Baldwin y Mundo-Ocampo, 1991). Sin embargo, la fluctuación poblacional de este nematodo mostró que el número de quistes aumentó a partir de la mitad del ciclo del cultivo (sin publicar), como resultado, nuevos quistes aparecen en el suelo o adheridos a las raíces de cebada.

Galinsoga parviflora (Estrellita) y *Bidens odorata* (Rosilla) fueron los mejores hospedantes de *C. galinsogae* tomando en cuenta la reproducción del nematodo en la raíz, seguidos de *Bidens ballsii* y *Bidens serrulata* (Rosilla) también miembros de Asteraceae, todas arvenses encontradas en los campos de cebada en la zona de estudio. Tovar-Soto (2003) y Tovar-Soto *et al.* (2003), han señalado a las dos primeras como los hospedantes naturales de este nematodo. También la cebada y la avena silvestre resultaron ser hospedantes de este nematodo (Tabla 1). Esto confirma el papel de algunas asteráceas y poáceas como hospedantes de *Cactodera galinsogae*, aspecto relevante debido a que puede tratarse de una especie que ha coevolucionado en la zona con las malezas y posteriormente adaptada al cultivo de cebada (Baldwin y Mundo-Ocampo, 1991; Tovar-Soto *et al.*, 2003). Mundo-Ocampo,

Tabla 1. Malezas encontradas en los campos donde se cultiva cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la localidad de la Raya, Singuilucan, Hidalgo, y su papel como hospedantes de *Cactodera galinsogae*.

Familia botánica	Nombre científico	Nombre común	Resultado
1. Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	amaranto	— ^x
2. Asteraceae	<i>Bidens ballsii</i> Sherff.	rosilla	+ ^y
	<i>Bidens odorata</i> Cav.	rosilla	++ ^z
	<i>Bidens serrulata</i> Desf.	rosilla	+
	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	cosmos	—
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	estrellita	++
	<i>Simpisia amplexicaulis</i> Pers.		—
	<i>Villanova achillaeoides</i> Less.		—
3. Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i> L.	jaranabo	—
	<i>Brassica raphanistrum</i> L.	nabo	—
4. Caryophyllaceae	<i>Spergula arvensis</i> L.		—
5. Chenopodiaceae	<i>Chenopodium berlandieri</i> Moq.	quelite	—
6. Commelinaceae	<i>Tinantia erecta</i> Schlecht.	hierba del pollo	—
7. Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	coquillo	—
8. Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	trébol	—
9. Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her.	alfilaria	—
10. Oxalidaceae	<i>Oxalis jaquiniana</i> Kuntch.	agrito	—
11. Poaceae	<i>Avena fatua</i> L.	avena silvestre	+
	<i>Hordeum vulgare</i> L.	cebada	+
12. Portulacaceae	<i>Calandrina micrantha</i> Schlecht.	lengua de pájaro	—
13. Scrophulariaceae	<i>Veronica persica</i> Poir.	verónica	—

^xno se encontró al nematodo dentro de la raíz.

^y5-15 nematodos/g de raíz.

^z16-25 nematodos/g de raíz.

1985 (comunicación personal) observó que poblaciones de *Punctodera chalconensis* existentes en la Sierra Purepecha, en Michoacán, Méx. pueden parasitar malezas silvestres del género *Bidens*. *Cactodera* spp. parasitan principalmente miembros de Cactaceae, Chenopodiaceae, Amaranthaceae (Evans y Rowe, 1998; Stoyanov, 1972, 1973;

Paneque y Sampedro, 1986); sin embargo, otras especies de *Cactodera* se han encontrado en plantas representantes de otras familias botánicas: Polygonaceae, Portulacaceae, Euphorbiaceae, Caryophyllaceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Rosaceae (Hirschmann y Riggs, 1969; Riggs *et al.*, 1969; Golden y Raski, 1977; Mulk, 1977;

Schuster y Breznia, 1979; Baldwin y Bell, 1985; Graney y Bird, 1990; Baldwin y Mundo-Ocampo, 1991; Baldwin *et al.*, 1997; Evans y Rowe, 1998; Cid del Prado y Rowe, 2000; Sharma *et al.*, 2001; Zúñiga *et al.*, 2001; Tovar-Soto, 2003, Tovar-Soto *et al.*, 2003). Esto abre otras líneas de investigación, ya que el rango de hospedantes ha sido propuesto por varios investigadores como una herramienta taxonómica para la identificación en heterodéridos, debido a que aporta información valiosa como resultado de un proceso coevolutivo entre el nematodo y sus hospedantes (Krall y Krall, 1978; Stone, 1986; Krall, 1990; Sturhan, 1999). Actualmente, la especificidad de huésped y los caracteres morfológicos, aportan información muy valiosa sobre las relaciones filogenéticas entre las distintas especies de NFQ, lo que puede corroborarse con métodos moleculares (Sturhan, 2002).

Los juveniles infectivos (J₂) se presentaron en el suelo en todos los muestreos efectuados; asimismo, los juveniles J₂ dentro de la raíz se pusieron de manifiesto a los 7 días después de la siembra, mientras que los juveniles J₃ y J₄ a los 21 y 28 días, respectivamente. Las hembras maduras y los machos se detectaron dentro de la raíz y en el suelo a los 42 días posteriores a la siembra. Los primeros quistes se observaron adheridos a las raíces de cebada a los 56 días. *Galinsoga parviflora* y *Bidens odorata* fueron las arvenses en donde mejor se reprodujo este nematodo. *Bidens ballsii*, *Bidens serrulata*, y *Avena fatua*, malezas encontradas en los campos donde se cultiva cebada también fueron hospedantes de *C. galinsogae*. Las demás arvenses identificadas en los campos de cebada de la zona de estudio no fueron hospedantes de este nematodo.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor (becario COFAA) agradece al IPN y al CONACYT por el apoyo

brindado para realizar este trabajo. También agradecemos a la Dra. Heike Vivrans del Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Edo. de México por la ayuda en la identificación de las malezas. Proyecto CONACYT 673-B.

LITERATURA CITADA

- Baldwin, J. G., and A. H. Bell. 1985. *Cactodera evemica* n. sp., *Afenestrata africana* (Luc *et al.*, 1973) n. gen., n. comb. and an Emended Diagnosis of *Sarrisodera* Wouts and Sher, 1971. (Heteroderidae). *Journal of Nematology* 17:187-201.
- Baldwin, J. G., and M. Mundo-Ocampo. 1991. Heteroderidae, cyst and non cyst-forming nematodes. Pp. 275-362 in W. R. Nickle, Ed. *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker, Inc., New York. USA.
- Baldwin, J. G., M. Mundo-Ocampo, and M. A. McClure. 1997. *Cactodera salina* n. sp. from the Estuary plant, *Salicornia bigelovii*, in Sonora, Mexico. *Journal of Nematology* 29:465-473.
- Barker, K. R., and T. H. A. Olthof. 1976. Relationships between nematode population densities and crop responses. *Annual Review of Phytopathology* 14:327-353.
- Cid del Prado-Vera, I., and J. A. Rowe. 2000. *Cactodera evansi* sp. n. and *Meloidodera astonei* sp. n. (Tylenchida: Heteroderidae) from Mexico. *International Journal of Nematology* 10:159-168.
- Cid del Prado-Vera, I., A. R. Maggenti, and B. F. Lownsbery. 1984. Postembryonic Development of the Redwood Nematode, *Rhizonema sequoiae* (Nemata: Heteroderidae). *Journal of Nematology* 16:73-83.
- De la Jara-Alcocer, F., F. Zerón-Bravo, A. Tovar-Soto, y R. Torres-Coronel. 1994. *Manual de Prácticas de Nematología Agrícola*. Depto. de Parasitología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., México, D. F. 107 p.
- Endo, B. Y. 1975. Pathogenesis of nematode-infected plants. *Annual Review of Phytopathology* 13:213-238.
- Evans, K., and J. A. Rowe. 1998. Distribution and economic importance. Pp. 1-30 in S. B. Sharma, Ed. *The Cyst Nematodes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. México, 215 p.

- Golden, A. M., and D. J. Raski. 1977. *Heterodera thomei* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) and a review of related species. *Journal of Nematology* 9:93-112.
- Graney, L. S. O., and G. W. Bird. 1990. Description and comparative morphology of *Cactodera milleri* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) and *Cactodera cacti* with a review and key to the genus *Cactodera*. *Journal of Nematology* 22:457-480.
- Greco, N. 1986. The carrot cyst nematode. Pp. 333-353 in F. Lamberti, and E. C. Taylor, Eds. *Cyst nematodes*. Plenum Press. New York, USA.
- Gutiérrez-Agilar, M., y J. García-Zúñiga. 2002. Gama de hospedantes y ciclo de vida de *Cactodera* sp. *Nemata: Heteroderidae* asociada a cebada *Hordeum vulgare* en los Valles Altos del estado de Hidalgo. Tesis ingeniero Agrónomo. ITA N° 29. Xocoyucan, Tlax., México. 74 p.
- Herández-López, J., A. Tovar-Soto, A. Carvajal-Sandoval, y R. Torres-Coronel. 2006. Alteraciones anatómicas inducidas por *Cactodera galinsogae* (Nemata: Heteroderidae) en miembros de Asteraceae. *Polibotanica* 22:1-8.
- Hirschmann, H., and R. D. Riggs. 1969. *Heterodera betulae* n. sp. (Heteroderidae), a cyst-forming nematode from River Birch. *Journal of Nematology* 1:169-179.
- Hooper, D. J. 1986a. Preserving and staining nematodes in plant tissues. Pp. 81-85 in J. F. Southey, ed. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Reference Book 402. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Hooper, D. J. 1986b. Extraction of free-living stages from soil. Pp. 5-30 in J. F. Southey, Ed. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Reference Book 402. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Hooper, D. J. 1986c. Extraction of nematodes from plant material. Pp. 51-58 in J. F. Southey, Ed. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Reference Book 402. London: Her Majesty's Stationery Office.
- INEGI. 2004. Anuario Estadístico de la producción de los estados de Hidalgo y Tlaxcala.
- Koenning, R. S., and S. B. Sipes. 1998. Biology. Pp. 157-190 in B. S. Sharma, Ed. *The Cyst Nematodes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Krall, E. 1990. Different approaches to and recent developments in the systematics and co-evolution of the family Heteroderidae (Nematoda: Tylenchida) with host plants. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology* 39:259-270.
- Krall, L. E., and Kh. A. Krall. 1978. Revision of the plant nematodes of the family Heteroderidae on the basis of the trophic specialization of these parasites and their co-evolution with their host plants. *Fitogel'mintologicheskie issledovaniya* Moscow, USSR; Nauka: 29-56.
- Mulk, M. M. 1977. *Heterodera cacti*. Description of Plant-parasitic nematodes. CIH. Set 7, N° 96. Commonwealth Institute of Helminthology 103 St. Peter's Street, St. Albans, Herts, U.K.
- Olmos, B. G. 2000. El cultivo de cebada maltera de temporal. *Impulsora Agrícola. S.A. de c.v. México*. 44 p.
- Paneque, M., y J. Sampedro. 1986. Reporte del nematodo cistogeno *Cactodera cacti* en la provincia de Holguin, Cuba. *Ciencia Técnica Agrícola* 9:123-129.
- Raski, D. J. 1950. The life history and morphology of sugar-beet nematode, *Heterodera schachtii* Schdmith. *Phytopathology* 40:135-152.
- Riggs, R. D., H. Hirschmann, and M. L. Hamblen. 1969. Life cycle, Host range and reproduction of *Heterodera betulae*. *Journal of Nematology* 1:180-183.
- Schuster, M. L., and L. Breznia. 1979. Association of soil borne pathogens with soybean platte valley yellows, 1. *Heterodera acnidae* n. sp. (Heteroderidae: Nematoda), a parasite of *Acnida altissima*. *Fitopatología brasileira* 4:379-389.
- Seinhorst, J. W. 1962. On the killing, fixation and transferring to glycerin of nematodes. *Nematologica* 8:29-32.
- Seinhorst, J. W. 1967. The relationship between population increase and population density in plant parasitic nematodes. *Nematologica* 13:429-442.
- Servicio Meteorológico Nacional 2003. Datos climáticos de la Estación Meteorológica N° 76634, Tullancingo, Hidalgo, México.
- Sharma, S. B., K. K. Causal, M. Sinh, S. Pande, P. Pokharel, and P. R. Upreti. 2001. Description of a new species *Cactodera johanseni* (Nematoda: Heteroderidae) from Nepal. *International Journal of Nematology* 11:39-42.
- Shepherd, A. M. 1986. Extraction and estimation of cyst nematodes. Pp. 31-50 in J. F. Southey, Ed. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Reference Book 402. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Stone, A. R. 1986. Taxonomy and phylogenic of cyst nematodes. Pp. 1-21 in F. Lamberti, and C. E. Taylor, Eds. *Cyst nematodes*. Plenum Press. New York. USA.
- Stoyanov, D. 1972. *Heterodera amarantii* n. sp. (Tylenchida: Heteroderidae); un nuevo nematodo

- formador de quistes en Cuba. Serie Poeyana. N° 97:1-12. Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba.
- Stoyanov, D. 1973. *Heterodera amaranthi* ciclo biológico, hospedantes y distribución. Serie Poeyana N° 111:1-17. Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba.
- Sturhan, D. 1999. Host specificity as a taxonomic tool in cyst-nematodes. *Helminthologia* 36:60-61. Abstract.
- Sturhan, D. 2002. Notes on the genus *Cactodera* Krall & Krall, 1978 and proposal of *Betulodera betulae* gen. nov., comb. Nov. (Nematoda: Heteroderidae). *Nematology* 875-882.
- Thorne, G. 1961. Principles of Nematology. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, USA. 345 p.
- Tovar-Soto, A. 2003. Nematodos formadores de quistes (Nemata: Heteroderinae) en cereales de los Valles Altos de México: Taxonomía, dinámica poblacional, histopatología y gama de hospedantes. Tesis doctoral. Instituto de Fitosanidad-Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. 107 p.
- Tovar-Soto, A., I. Cid del Prado-Vera, J. M. Nicol, K. Evans, J. S. Sandoval-Islas, and A. Martínez-Garza. 2003. *Cactodera galinsogae* n. sp. (Nemata: Heteroderidae) on barley of the High Valleys of México. *Nematropica* 33:41-54.
- Tovar-Soto, A., I. Cid del Prado-Vera, J. M. Nicol, K. Evans, J. S. Sandoval-Islas, y A. Martínez-Garza. 2001. Nuevo registro de *Cactodera* (Nemata: Heteroderidae) en cereales de los Valles Altos de México. Resúmenes IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal/33° Reunión Anual de la Organización de Nematólogos del Trópico Americano. Baradero, Cuba. Anexo Resúmenes p. 1.
- Tovar-Soto, A., I. Cid del Prado-Vera, J. M. Nicol, K. Evans, J. S. Sandoval-Islas, y A. Martínez-Garza. 2004. Desarrollo postembrionario de *Cactodera galinsogae* en cebada (*Hordeum vulgare* L.). *Nematropica* 34:144-145. Abstract.
- Tovar-Soto, A., I. Cid del Prado-Vera, J. M. Nicol, K. Evans, J. S. Sandoval-Islas, y A. Martínez-Garza. 2006. Los Nematodos Formadores de Quistes en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24:145-151.
- Tovar-Soto, A., I. Cid del Prado-Vera, J. M. Nicol, K. Evans, J. S. Sandoval-Islas, y A. Martínez-Garza. 207. Cambios Anatómicos en Raíces de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) Inducidos por *Cactodera galinsogae*. *Agrociencia* 41:555-561.
- Wyss, U., and U. Zunke. 1986. Gnotobiology of cyst nematodes-its potential in basic research. Pp. 147-162 in F. Lamberti, and C. E. Taylor, Eds. *Cyst Nematodes*. Plenum Press. New York, USA.
- Zúñiga, G. J., M. Gutiérrez-Aguilar, I. Cid del Prado-Vera, y A. Tovar-Soto. 2001. Gama de hospedantes de *Cactodera* sp. aislada en los Valles Altos de México. *Nematropica* 31:134 Abstract.

Received:

27.VIII.2008

Accepted for publication:

20.XI.2008

Recibido:

Aceptado para publicación:

